

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-145319

(43)Date of publication of application : 06.06.1997

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01B 11/24

G06T 7/00

(21)Application number : 07-299921

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 17.11.1995

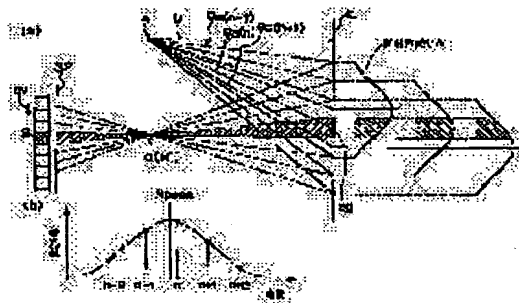
(72)Inventor : NORITA TOSHIO  
FUJII HIDEO

## (54) METHOD AND EQUIPMENT FOR THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To ensure highly accurate high resolution three-dimensional measurement even when the reflectance of object is uneven and to realize high degree of freedom in the setting of measuring distance.

**SOLUTION:** The three-dimensional measuring equipment comprises means for scanning an object Q optically by projecting a detection light U, and an image pickup means for receiving the detection light U reflected on the object Q. While varying the irradiating direction  $\theta$  of detection light U toward the object Q, quantity of detection light U incident to a specified light receiving region (g) on an image pickup plane S2 is sampled periodically. Based on three or more sampling values, including a maximum sampling value and immediately preceding and following sampling values, an irradiation timing Npeak for maximizing the quantity of light is determined by interpolation. Subsequently, a part (ag) corresponding to the light receiving region (g) on the object Q is located based on the irradiating direction at that irradiation timing and the relationship between the light receiving region (g) and the incident direction of detection light.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY



4

角度 $\theta$ はスリット光Uの周向の角速度によって一義的に決まる。受光角 $\theta p$ は $\tan \theta p = b/y/p$ の関係から算出できる。つまり、撮像面S2上で位置 $(x, p, y, p)$ を測定することにより、そのときの角度 $\theta$ に高いついて点Pの3次元位置を求めることができる。

$$L = L1 + L2 = Z \tan \theta a + (Z - M) \tan \theta p$$
$$\therefore Z = (L + M \tan \theta p) / (\tan \theta a + \tan \theta p) \quad \dots (1B)$$

以上の原理のスリット光投影法による計測において、例えばCCDセンサのように撮像面S2が有限の面積からなる撮像手段を用いる場合には、計測の分解能が撮像手段の画素ピッチに依存する。ただし、撮像面S2上でスリット光UのY方向(走査方向)の幅が複数画素分となるようにスリット光Uを規定することにより、分解能を高めることができる。

【0012】図17は従来の計測方法の原理を説明するための図である。物体上の照射部分の反射率が均一であるものと仮定すると、受光強度はY方向に広がる正分布となる。この正分布の有効強度範囲が複数画素分であれば、各画素gの受光量に対する補間演算を行うことにより、最大強度位置(重心と呼ぶ)を画素ピッチ以下の単位で測定できることとなる。補間演算は、各画素の受光量に正分布をフィットさせるものである。演算で求めた重心に基づいて座標Z、X、Yを求める。この手法によれば、実際の分解能は $1/8 \sim 1/10$ 画素程度になる。

【0013】撮像面S2上でスリット光Uの幅を複数画素分とするには、投光の設備でスリット光Uの幅(走査方向の長さ)を上げておけばよい。ただし、そうすると、物体Q上でもスリット光UのY方向の幅が広がるので、照射部分(点P)が例えば物体色の増目である場合には、受光強度の分布が正分布でなくなり、測定精度が大きくなる。

【0014】従来では、物体Q上でのスリット幅ができただけ細くなるように投光条件を設定し、受光系においてフィルタなどによりスリット光Uの幅を上げて撮像面S2に入射させていた(特開平7-174536号)。

【0015】

【0016】本発明は、物体の反折率が不均一である場合に均一である場合と同様に高分解能で高精度の計測が可能であり、計測距離の測定自由度が大きい3次元計測装置を実現することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の方法は、三角測量法を用いてサンプリング点の座標を求める。三角測量法を用いてサンプリング点の座標を求める。三角測量法を用いてサンプリング点の座標を求める。

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の方法

50

5

演算処理はホスト3が担う。

【0021】ホスト3は、CPU3a、ディスプレイ3b、キーボード3c、及びマウス3dなどから構成されたコンピュータシステムである。CPU3aには計測データ処理のためのソフトウェアが組み込まれている。ホスト3と3次元カメラ2との間では、オンライン及び可搬型の配線メディア4によるオフラインの両方の形態のデータ授受が可能である。配線メディア4としては、光ファイバケーブル(MO)、ミニディスク(MD)、メモリーカードなどがある。

【0022】図2は3次元カメラ2の外観を示す図である。ハウジング20の前面に投光窓20a及び受光窓20bが設けられている。投光窓20aは受光窓20bに対して上側に位置する。内部の光学ユニットOUが射出するスリット光(所定幅の帯状のレーザービーム)Uは、投光窓20aを通過して計測対象の物体(被写体)に向かう。スリット光Uの長さ方向M1の放射角度 $\theta$ は固定である。物体の表面で反射したスリット光Uの一部は、受光窓20bを通過して光学ユニットOUに入射する。なお、光学ユニットOUは、投光軸と受光軸との相対関係を適正化するための2軸調整機構を備えている。

【0023】ハウジング20の上面には、ズーミングボタン25a、25b、手動フォーカシングボタン26a、26b、及びシャッターボタン27が設けられている。図2(b)のように、ハウジング20の背面には、液晶ディスプレイ21、カーンボタン22、セレクトボタン23、キャンセルボタン24、アナログ出力端子31、32、デジタル出力端子33、及び配線メディア4の接続口30aが設けられている。

【0024】液晶ディスプレイ21(LCD)は、操作画面の表示手段及び電子ファインダとして用いられる。撮影者は背面の各ボタン21~24によって撮影モードの設定を行うことができる。アナログ出力端子31からは計測データが出力され、アナログ出力端子31からは2次元画像信号が例えばNTSC形式で出力される。デジタル出力端子33は例えばSCSI端子である。

【0025】図3は3次元カメラ2の機能構成を示すブロック図である。図中の破線矢印は電気信号の流れを示し、破線矢印は光の流れを示している。3次元カメラ2は、上述の光学ユニットOUを構成する投光側及び受光側の2つの光学系40、50を有している。光学系40において、半導体レーザー(LD)41が射出する波長670nmのレーザービームは、投光レンズ系42を通過することによってスリット光Uとなり、ガルバノミラー(走査手段)43によって傾倒される。半導体レーザー41のドライブイ44、投光レンズ系42の駆動系45、及びガルバノミラー43の駆動系46は、システムコントロール61によって制御される。

【0026】光学系50において、ズーミングユニット51によって集光された光はビームスプリッタ52によって

6

分光される。半導体レーザー41の発振波長帯域の光は、計測用のセンサ53に入射する。可視帯域の光は、モニタ用のカラーセンサ54に入射する。センサ53及びカラーセンサ54は、どちらもCCDエリアセンサである。ズーミングユニット51は内蔵型であり、入射光の一部がオートフォーカシング(AF)に利用される。AF機能は、AFセンサ57とレンズコントロール58とフォーカシング駆動系59によって実現される。ズーミング駆動系60は電動ズーミングのために設けられている。

【0027】センサ53による撮像情報は、ドライブ55からのクロックに同期して出力処理回路62へ転送される。出力処理回路62によってセンサ53の各画素値に対応する計測データが生成され、メモリ63、64に格納される。その後、オペレータがデータ出力を指示すると、計測データは、SCSIコントローラ66又はNTSC変換回路65によって所定形式でオンライン出力され、又は配線メディア4に格納される。計測データは、オンライン出力には、アナログ出力端子31又はデジタル出力端子33が用いられる。カラーセンサ54による撮像情報は、ドライブ55からのクロックに同期してカラー処理回路67へ転送される。カラー処理を受けた撮像情報は、NTSC変換回路70及びアナログ出力端子32を経てオンライン出力され、又はデジタル画像生成部68で量子化されてカラー画像メモリ69に格納される。その後、カラー画像データがカラー画像メモリ69からSCSIコントローラ66へ転送され、デジタル出力端子33からオンライン出力され、又は計測データと対応づけて配線メディア4に格納される。なお、カラー処理は、センサ53による距離画像と同一の画角

の像であり、ホスト3側におけるアプリケーション処理に際して参考情報として利用される。カラー情報を利用する処理としては、例えばカメラ視点の異なる複数個の計測データを組み合わせて3次元形状モデルを生成など処理、3次元形状モデルの不要の頂点を削除する処理などがある。システムコントロール61は、キャラクターデータ71に対して、LCD21の画面上に適切な文字や記号を表示するための指示を与える。

【0028】図4は投光レンズ系42の構成を示す模式図である。図4(a)は正面図であり、図4(b)は側面図である。投光レンズ系42は、コリメータレンズ21、パリエータレンズ422、及びエキスパンダレンズ423の3つのレンズから構成されている。半導体レーザー41が射出したレーザービームに対して、行の屈折で適切なスリット光Uを得るための光学的処理が行われる。まず、コリメータレンズ421によってビームが平行化される。次にパリエータレンズ422によってレーザービームのビーム径が調整される。最後にエキスパンダレンズ423によってビームがスリット長さ方向M1に

拡げられる。

【0029】パリエータレンズ422は、撮影距離及び

撮影の画面に収まらず、センサ53に3以上の複数画像分の幅のスリット光を入射させるために設けられている。駆動系45は、システムコントローラ61の指示に従って、センサ53上のスリット光Uの幅を一定に保つようにバリエータレンス422を移動させる。バリエータレンス422と受光面のズームユニット51とは運動する。

【0030】 ガルノミラー4-3による偏向の以前にスピット長を短げることにより、偏向の後で行う場合に比べてスピット光の強みを低減することができ、エキスパラダレンズ4-2-3を投光レンズ系4-2の最長段に配置することにより、すなわちガルノミラー4-3に近づけることにより、ガルノミラー4-3を小型化することができ、

【0031】図5は受光のためのズームユニット510の模式図である。ズームユニット510は、前屈鏡像部515、パリアータ部514、コンセンサータ部513、フォーカシング部512、後屈鏡像部511、及び入射光の一部をAFセンサ57に導くヒームスプリッタ516から構成されている。前屈鏡像部515及び後屈鏡像部511は、光軸に対して固定である。

【0032】フォーカシング部512の移動はフォーカシング駆動部59が担い、バリエータ部514の移動はズーミング駆動部60が担う。フォーカシング部512は、フォーカシング部512の移動距離（総り出し量）を指し示すフォーカシングエンコード59Aを備えている。ズーミング駆動部60は、バリエータ部514の移動距離（ズーミング量）を指し示すズーミングエンコード60Aを備えている。

【0033】図6はビームスプリッタ52の模式図、図7は計測用のセンサ53の受光波長を示すグラフ、図8はモニタ用のカメラセンサ54の受光波長を示すグラフである。

【0034】 ヒームスアップリット52は、色分解膜（ダイクロックミラー）521、色分解膜522を挟む2つのプリズム522、523、プリズム522の材出面522aに設けられた赤外線カットフィルタ524、センサ525の前面側に設けられた可視光カットフィルタ525、プリズム523の材出面523bに設けられた赤外線カットフィルタ526、及びローパスフィルタ527、528から構成されている。

【0035】ズームユニット51から入射した光UCは、ローパスフィルタ52、プリズム522を通じて色分解膜521に入射する。半導体レーザ41の発光帯域の光UC0は色分解膜521で反折し、プリズム522の上面522aで反射した後、射出面522bから射出レンズ53に向かって射出する。プリズム522から射出した光UC0の内、第4偏光成分がフィルタ524及び可視光UC0の内、第5偏光成分が透過した光がセンサ53によって光ったプリズム525で透過した光がセンサ54によって受け取られる。一方、第6偏光成分521で透過した光UC0の内、第7偏光成分が透過した光がセンサ55によって受け取られる。

は、プリズム523を通じて射出面523bからカラーセンサ54に向かって射出する。プリズム523から射出した光C0の内、赤外線カウントアンプ256及びローパスフィルタ258を通過した光がカラーセンサ54によって受光される。

【0036】図7において、縦軸で示されるように色分解521は、スリット光の波長（ $\lambda$ : 670nm）を含む比較的に広範囲の波長帯域の光を反射する。つまり、色分解膜521の波長選択性は、スリット光のみを選択的にセンサ53に入射させる上で不十分である。しかし、ビームスプリッタ52では、縦軸で示される特性の赤外線カットフィルタ524と、実線で示される特性の可視光カットフィルタ525とが設けられているので、最終的にセンサ53に入射する光は、図7において縦軸で示される狭い範囲の波長の光である。これにより、環境光の影響の小さく、すなわち光学的S/N比が大きい計測を実現することができ、

【0037】一方、カラーセンサ54には、図1に実施例で示される特性の外光線カットフィルタ528によって、遮蔽される特性の色分解521を透過した赤外光域の光が遮断されるので、可視光のみが入射する。これにより、モニタ画像の色再現性が高まる。

【0038】なお、赤外線カットフィルム524及び可視カットフィルム525の2個のフィルムを用いる代わりに、赤外線及び可視光を遮断する特性をもつ1個のフィルムを用いてもよい。赤外線カットフィルム524及び可視カットフィルム525の両方をフィルム522の側に設けてもよいし、逆に両方のフィルムをセンサ53の側に設けてもよい。図6の例とは逆に、可視カットフィルム525をフィルム522の側に設け、赤外線カットフィルム524をセンサ53の側に設けてもよい。

【0039】図9は計測システム1における3次元位置の算出の原理図である。同図では理解を容易にするため、図15及び図16と対応する要素には同一の符号を付してある。

【0040】センサ53の撮像面S2上で撮像面S2となる比較的に幅広いリット光Uを物体Qに照射する。具体的にはスリット光Uの幅を撮像面S2上1リット光Uは、サンプリング周期毎に撮像面S2上で1画素ピッチp<sub>v</sub>だけ移動するように、図9の上から下に向かって偏方向し、それによって物体Qが走査される。サンプリング周期毎にセンサ53から1フレーム分の光信号検出信号が出力される。

【0041】撮像面S201つの画素gに注目すると、走査中に行うN回のサンプリングの内の5回のサンプリングにおいて有効な受光データが得られる。これら5回の受光データに対する補間算算によって注目画素gの中心範囲の物体表面aをスリット光Iの光軸が通過するタイミング(時間)重心Cpeakに注目画素gの受光量が最大となる時刻)を求める。図9(b)の例で

は、 $n$  回目とその 1 つ前の  $(n-1)$  回目の間のタイミングで受光量が最大である。求めたタイミングにおけるスプリット光の照射方向と、注目面に対するスプリット光の入射方向との関係に基づいて、物体 Q の位置（座標）を算出する。これにより、撮像面の面積ピッチ p p で規定される分解能より高い分解能の計測が可能となる。

【0042】注目面 Q の受光量は物体 Q の反射率に依存する。しかし、5 回目のサンプリングの各受光量の相対値は、受光の絶対量に依存せず一定である。つまり、物体色の識別は計測精度に依存しない。

【0043】本実施形態の計測システム1では、3次元カメラ2がセンサ53の画像を毎に5回分の受光データを計測データとしてホスト3に出力し、ホスト3が計測データに基づいて物体Qの座標を算出する。3次元カメラ2の出力処理回路62（図3参照）は、各画像5に对应した計測データの生成を狙う。

【0044】図10は出力処理回路62のブロック図、図11はセンサ53の構成を示す図である。出力処理回路62は、センサ53の出力する各画像の光電変換信号を8ビットの受光データに変換するAD変換回路620、直列接続された2つのフレイムディレイメモリ621～624、有効な回分の受光データを記憶する最大の5つのメモリバンク625A～E、受光データが最大となるフレイム番号（サンプリング番号）FNを記憶するためのメモリバンク625F、コンパレータ626、フレイム番号FNを指示するジェネレータ627、及びメモリバンク625A～Fのアドレス指定などを行う図示しないメモリ制御手段から構成されている。各メモリバンク625A～Eは、計測のサンプリング点数（つまり、センサ53の出力画素数）と同数の受光データ（つまり、受光量）を記憶可能である。

【0045】4つのフレームディレイメモリ621〜624でデータ遅延を行うことにより、順々の画素gについて5フレーム分の受光データを同時にメモリバンク625A〜Eに格納することが可能になっている。なお、センサ53における1フレームの露出しは、撮像面S2の全体ではなく、高速度変化するために図11のように撮像面S2の一部の有効受光領域A（枠状領域）A<sub>0</sub>のみを対象に行われる。有効受光領域A<sub>0</sub>はスリット光Uの凸凹に向けてフレーム毎に画素分だけシフトする。本装置の形態では、有効受光領域A<sub>0</sub>のシフト方向の画素数は32に固定されている。CDEDエリアセンサの撮影像の1枚の画素を読み出す手法は、特開77-174536号公報に開示されている。

【0046】AD交換機620は、1フレーム毎に32ライン分の受光データD620を画素gの配列順にシリアルに出力する。各フレームディレイメモリ621へ624は、31 (= 32 - 1) ライン分の容量をもつFIFOである。

[0047] AD変換部620から出力された注目画像

gの受光データD620は、2フレーム分だけ遅延され625Cが配位する注目画素gについての過去の受光データD620の最大値と比較される。遅延された受光データD620(フレームディレイメモリ622の出力)が過去の最大値より大きい場合に、その時点のAD変換部620の出力及び各フレームディレイメモリ621~624の出力が、メモリバンク625A~Eにそれぞれ格納され、メモリバンク625A~Eの配位内容が再換えられ、これと同時にメモリバンク625Fには、メモリバンク625Cに格納する受光データD620に対してしたフレーム番号Fが格納される。

【0048】すなわち、 $n$ 番目 ( $n < N$ ) のフレームで注目画素  $g$  の受光量が最大になった場合には、メモリバンク 625 A に ( $n+2$ ) 番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク 625 B に ( $n+1$ ) 番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク 625 C に  $n$  番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク 625 D に ( $n-1$ ) 番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク 625 E に ( $n-2$ ) 番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク 625 F に  $n$  が格納される。

【0049】次に、3次元カメラ2及びカメラ3の動作を制御の手順と合わせて説明する。以下では、計測のサンプルリング点数を $200 \times 231$ とする。すなわち、撮像面S2におけるスリット長と方向の画素数は231であり、実質的なフレーム数Nは200である。

【0050】ニューザ（撮影者）は、LCD21が表示するカラーモニタ像を見ながら、カメラ位置と向きを決定、画面を設定する。その際、必要に応じてズーム動作を行う。3本カメラ22ではカラーセンサ54に対する絞り調整は行わず、電子シャッター機能により露出制御されたカラーセンサ22の後が表示される。これは、絞りを開放状態にする（このようにしてセンサ53の入射光量を増やして多く撮る）ためである。

【0051】図12は3次元カメラ2におけるデータの流れを示す図、図13はカスタム3におけるデータの流れを示す図、図14は光学系の各点と物体Qとの関係を示す図である。

40 【0052】ユーザによる画面選択操作（ズームイン）によつて、ズームユニット51のバリエータ部514の移動が行われる。また、フォーカシング部512の移動による手動又は自動のフォーカシングが行われる。フォーカシングの過程では、その対物間距離d、が測定される。

【0053】このような受光系のレンズ駆動に呼応して、投光側のバリエータレンズ422の移動量が図示しない演算回路によって算出され、算出結果に基づいてバリエータレンズ422の移動制御が行われる。

50 【0054】 システムコントロールローラー61は、レンズコン

11

ローラ58を介して、フォーカシングエンコーダ59 Aの出力（送り出し量d）及びズームリングエンコーダ60 Aの出力（ズーム戻み値p）を読み込む。システムコントローラ61の内部において、逐次取得データT1、主点位置データT2、及び後距離データT3が参照され、送り出し量d及びズーム戻み値pに對した撮影条件データがホストへ出力される。ここで撮影条件データは、逐次取得パラメータ（レンジ歪み補正係数d1、d2）、前側主点位置FH、及び後距離bである。前側主点位置FHは、ズームユニット51の前側端点Fと前側主点Hとの距離で表される。前側端点Fは固定であるので、前側主点位置FHにより前側主点Hを特定することができる。

【0055】システムコントローラ61は、半導体レーザ41の出力（レーザ強度）及びスリット光Uの偏向条件（走査開始角、走査終了角、偏向内速度）を算定する。この算定方法を詳しく説明する。まず、おおよその対物間距離d。に平面物体が存在するものとして、センサ53の中央で反射光を受光するように投光角設定を行う。以下で説明するレーザ強度の算定のためのパラメータは、この設定された投光角で行う。

【0056】次にレーザ強度を算定する。レーザ強度の算定に際しては、人体を計測する場合があるので、安全性に対する配慮が不可欠である。まず、最小強度Lminでパルス点灯し、センサ53の出力を取り込む。取り込んだ信号（Son（Ldmin））と適正レベルStypとの比を算出し、仮のレーザ強度LD1を設定する。

【0057】 $LD1 = Ldmin \times Styp / MAX(Son(Ldmin))$  続いてレーザ強度LD1で再びパルス点灯し、センサ53の出力を取り込む。取り込んだ信号（Son（LD1））が適正レベルStyp又はそれに近い値であれば、LD1をレーザ強度LDsと決める。他の場合には、レーザ強度LD1とMAX（Son（LD1））を用いて仮のレーザ強度LD1を設定し、センサ53の出力と適正レベルStypとを比較する。センサ53の出力が許容範囲内の値となるまで、レーザ強度の仮設定

12

と適否の確認とを繰り返す。なお、センサ53の出力の取り込みは、撮像面S2の全面を対象に行う。これは、AFによる受動的な距離算出では、スリット光Uの受光位置を高精度に推定することが難しいためである。センサ53におけるCCDの積分時間は1フィールド時間（例えば1/60秒）であり、実際の計測時における積分時間は長い。このため、パルス点灯を行うことにより、計測時と等価なセンサ出力を得る。

【0058】次に、投光角と、レーザ強度が決定したときのスリット光Uの受光位置から、三角測量により対物間距離dを決定する。最後に、決定された対物間距離dに基づいて、偏向条件を算出する。偏向条件の算定に際しては、対物間距離dの測距基準点である受光系の後側主点H'と投光の起点AとのZ方向（図16参照）のオフセットdoffを考慮する。また、走査方向の傾部に於いても中央部と同様の計測可能距離範囲d'を確保するため、所定値（例えば8画素分）のオーバーキャンをを行うようにする。走査開始角th1、走査終了角th2、偏向内速度ωは、次式で表される。

【0059】 $th1 = \tan^{-1}(\beta \times p_v (np/2 + 8) + L) / (d + doff) \times 180 / \pi$   
 $th2 = \tan^{-1}(-\beta \times p_v (np/2 + 8) + L) / (d + doff) \times 180 / \pi$   
 $\omega = (th1 - th2) / np$   
 $\beta$ ：撮像係数（=d/有効焦点距離freal）  
p v：画素ピッチ  
np：撮像面S2のY方向の有効画素数  
L：基準長

このようにして算出された条件で次に本発明に移り、物体Qの走査（スリット投影）が行われ、上述の出力処理回路52によって得られた1画素当たり5フレーム分の計測データ（スリット画像データ）D62がホスト2へ送られる。同時に、偏向条件（偏向制御データ）及びセンサ53の仕様などを示す装置情報D10も、ホスト3へ送られる。表1は3次元カメラ2がホスト3へ送る主なデータをまとめたものである。

【0060】  
【表1】

13

データの内容		データレンジ
計測データ	ペンタF (70-1番号) 200×200×8bit	0~255
	ペンタA (a+2) 200×200×8bit	0~255
	ペンタB (a+1) 200×200×8bit	0~255
	ペンタC (n) 200×200×8bit	0~255
	ペンタD (n-1) 200×200×8bit	0~255
撮影条件		
後距離b		0.000~300.000
前側主点位置FH		0.00~300.00
スリット偏向角th1		
偏向内速度ω		
装置情報	計測の画素数 (y/f) 数 X, Y 方向	1~
	センサ画素ピッチ p u, p v	~0.0016 ~
	投光系距離 (X, Y, Z 軸方向)	0.00~±80.00
	レンズ歪み補正係数 d1, d2	0.00~±300.00
	センサ中心距離 u0, v0	0.00~±56.00
2次元画素	R プレーン 512×512×8bit	0~255
	G プレーン 512×512×8bit	0~255
B プレーン	512×512×8bit	0~255

【0061】図13のように、ホスト3においては、スリット重心演算#31、歪み補正の補正演算#32、カメラ視線方程式の演算#33、スリット面方程式の演算#34、及び3次元位置演算#35が実行され、それによって200×200×31個のサンプリング点の3次元位置座標X, Y, Zが算定される。サンプリング点はカメラ視線（サンプリング点と後側主点H'）とを結ぶ直線とスリット面（サンプリング点を照射するスリット光Uの光軸面）との交点である。

【0062】スリット光Uの時間重心Npeak（図9参照）は、各サンプリング時の受光データD（i）を用いて（3）式で与えられる。

$$Npeak = n + \Delta n \quad \dots (3)$$

$$(u-u0) = (xp) = (b/pu) \times [X/(Z-FH)] \quad \dots (4)$$

$$(v-v0) = (yp) = (b/pv) \times [Y/(Z-FH)] \quad \dots (5)$$

5つの受光データの内の最小のデータminD（i）を抜き引いて加重平均を求めることにより、環境光の影響を軽減することができる。

【0063】カメラ視線方程式は（4）式及び（5）式である。

b：後距離

FH：前側主点位置

pu：撮像面における水平方向の画素ピッチ

p v：撮像面における垂直方向の画素ピッチ

u：撮像面における水平方向の画素位置

u0：撮像面における水平方向の中心画素位置

v：撮像面における垂直方向の画素位置

v0：撮像面における垂直方向の中心画素位置

スリット面方程式は（6）式である。

【0064】

【数1】

16

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} \cos(\theta e3) & -\sin(\theta e3) & 0 \\ \sin(\theta e3) & \cos(\theta e3) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\theta e2) & 0 & \sin(\theta e2) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\theta e2) & 0 & \cos(\theta e2) \end{bmatrix} \\ & \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta e1 + \theta e4 \cdot \text{nop}) & -\sin(\theta e1 + \theta e4 \cdot \text{nop}) \\ 0 & \sin(\theta e1 + \theta e4 \cdot \text{nop}) & \cos(\theta e1 + \theta e4 \cdot \text{nop}) \end{bmatrix} \\ & \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} [X \quad Y-L \quad Z-s] \quad \dots (6) \end{aligned}$$

the1: X軸周りの回転角  
the2: Y軸周りの傾き角  
the3: Z軸周りの傾き角  
the4: X軸周りの傾き角  
nop: スリット通過時間=時間重心Npeak  
L: 距離  
s: 原点Aのオフセット

[0065] 幾何収差は面角に依存する。至はほぼ中心面角を中心として対称に生じる。したがって、歪み量は中心面角からの距離の関数で表される。ここでは、距離の3次関数で近似する。2次の補正係数を1、3次の補正係数をd2とする。補正後の面角位置u'、v'は(7)式及び(8)式で与えられる。

$$\begin{aligned} u' &= u + d1 \times t^2 \times (u-u0) / t2 \\ &+ d2 \times t^3 \times (u-u0) / t2 \quad \dots (7) \\ v' &= v + d1 \times t^2 \times (v-v0) / t2 \\ &+ d2 \times t^3 \times (v-v0) / t2 \quad \dots (8) \\ t &= (t1) - z \\ t1 &= (u-u0)^2 + (v-v0)^2 \end{aligned}$$

上述の(4)式及び(5)式において、uに代えてu'を代入し、vに代えてv'を代入することにより、歪曲収差を考慮した3次元位置を求めることができる。なお、キャリブレーションについては、電子情報通信学会研究資料PRU91-113「カメラの位置決めのない画像の幾何学的補正」小野寺・金谷、電子情報通信学会論文誌D-II vol. J74-D-II No. 9 pp. 1227-1235, '91/9「光学系の3次元モデルに基づくレンジファインダの高精度キャリブレーション法」堀芝・吉見、大森、などに詳しい開示がある。

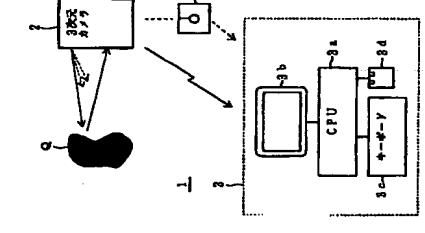
[0067] 上述の実装形態は、計測データD62に基いて3次元位置を算出する演算をホスト3が担うものであるが、3次元カメラ2に3次元位置を算出する演算機能を加えてもよい。3次元位置を算出する演算プログラムで算定することも可能である。受光面の光学系50において、ズームユニット51に代えて交換レンズによって倍率増強を要してもよい。

[0068] 請求項1及び請求項2の発明によれば、[発明の効果] 請求項1及び請求項2の発明によれば、物体の反材料が不均一である場合にも均一である場合と同様に高精度で高精度の計測が可能である。

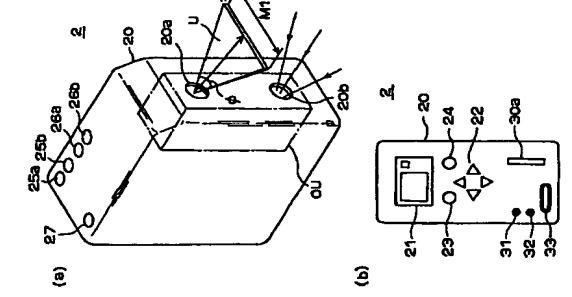
17

- 40 光学系 (投光手段)
- 43 ガルバミラー (反射手段)
- 53 センサ (撮像手段)
- 61 システムコントローラ (撮像制御手段)
- 62 出力処理回路 (記憶手段)

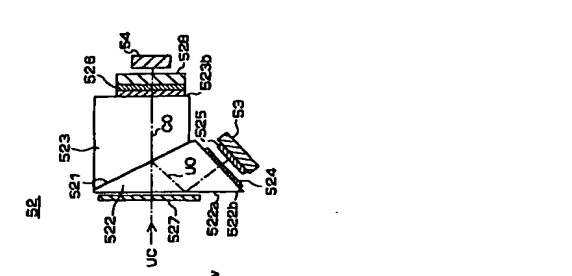
【図1】



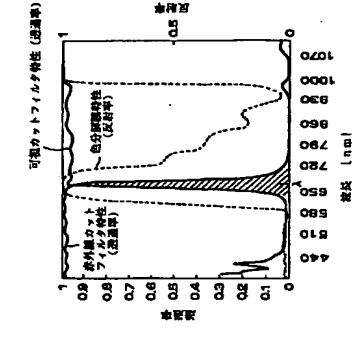
【図2】



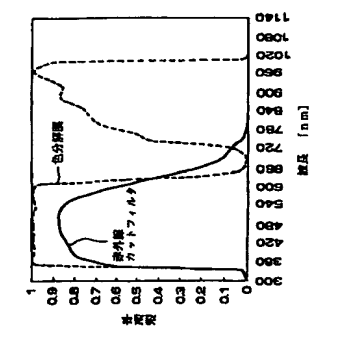
【図6】



【図7】

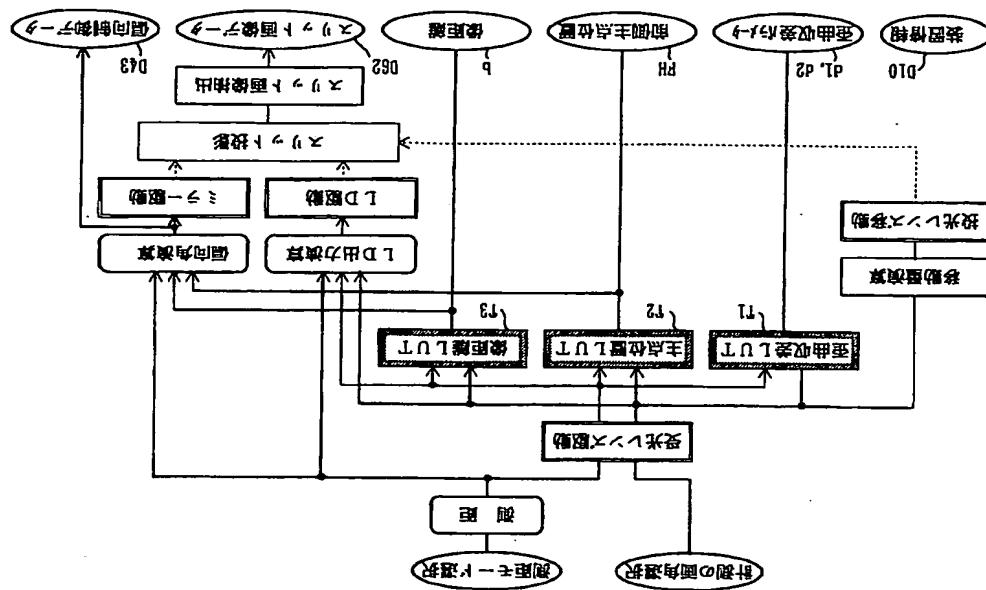


【図8】

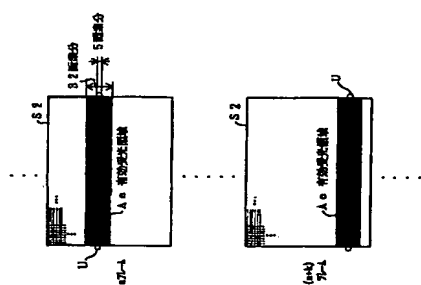




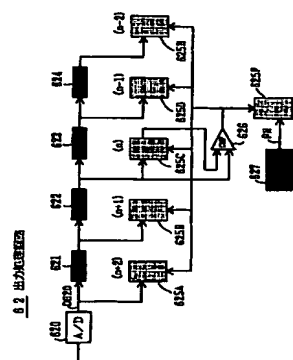
**【图 12】**



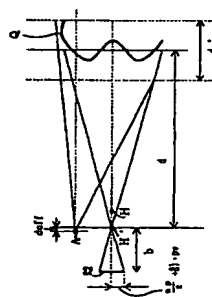
**【图 11】**



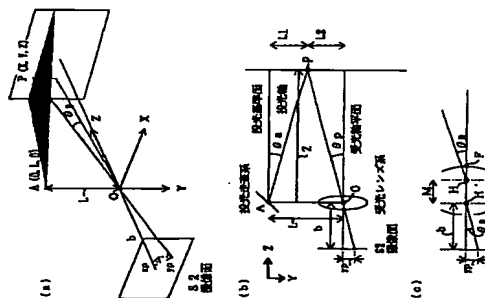
**[X10]**

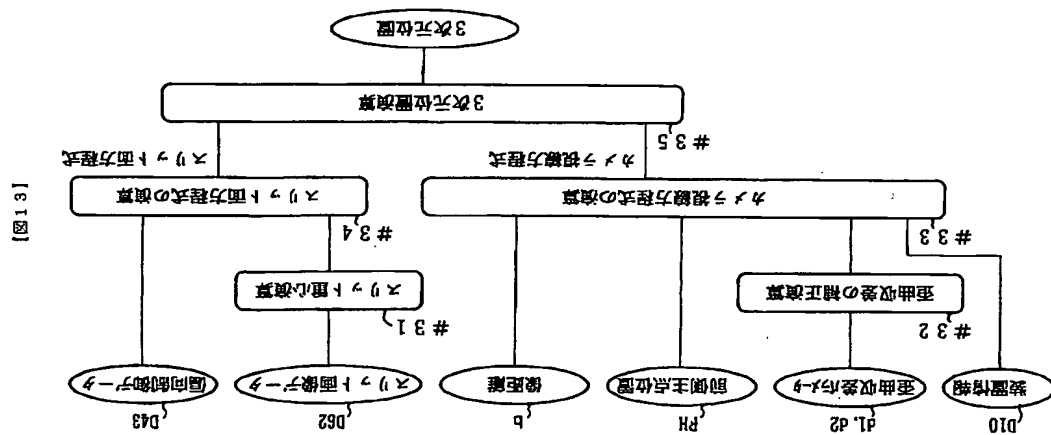
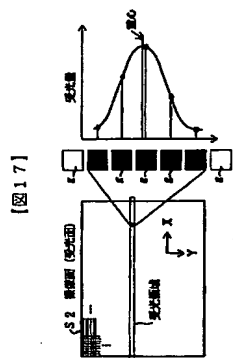


**[X14]**



**[圖 16]**





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**